Department of Fisheries and Oceans
Canadian Stock Assessment Secretariat
Research Document 97/71

Ministère des pêches et des océans
Secrétariat canadien pour l'évaluation des stocks
Document de recherche 97/71

Not to be cited without permission of the authors[1]

Ne pas citer sans autorisation des auteurs[1]

Évaluation de la biomasse du maquereau bleu (*Scomber scombrus* L.) pour 1996 par la Méthode de la Production Totale d'Oeufs

Assessment of the Atlantic mackerel (*Scomber scombrus* L.) biomass for 1996 by the Total Eggs Production Method

Par

By

François Grégoire, Jean Lambert, Charlyne Lévesque et/and Marie-France Beaulieu

Division des poissons et des mammifères marins
Ministère des Pêches et des Océans
Institut Maurice-Lamontagne
850, Route de la Mer
Mont-Joli, Québec,
G5H 3Z4

Fish and Marine Mammals Division
Department of Fisheries and Oceans
Maurice Lamontagne Institute
850 Route de la Mer
Mont Joli, Quebec,
G5H 3Z4

[1]This series documents the scientific basis for the evaluation of fisheries resources in Canada. As such, it addresses the issues of the day in the time frames required and the documents it contains are not intended as definitive statements on the subjects addressed but rather as progress reports on ongoing investigations.

Research documents are produced in the official language in which they are provided to the secretariat.

[1]La présente série documente les bases scientifiques des évaluations des ressources halieutiques du Canada. Elle traite des problèmes courants selon les échéanciers dictés. Les documents qu'elle contient ne doivent pas être considérés comme des énoncés définitifs sur les sujets traités, mais plutôt comme des rapports d'étape sur les études en cours.

Les documents de recherche sont publiés dans la langue officielle utilisée dans le manuscrit envoyé au secrétariat.

RÉSUMÉ

La mission d'évaluation de la biomasse reproductrice du maquereau bleu de 1996 n'a débuté que le 18 juin, soit trois jours plus tard que prévu. Dès le premier trajet, il s'est avéré que les températures de l'eau de surface étaient plus élevées que lors des premiers trajets des dernières missions. De plus, les oeufs des stades de développement plus avancés ainsi que les larves de maquereau étaient aussi plus nombreux. Les productions quotidiennes d'oeufs ont été estimées pour chaque trajet à 0.6604×10^{13} et 0.6129×10^{13} oeufs et les biomasses reproductrices correspondantes à 259,842 t et 241,318 t. Ces dernières passent à 211,023 t et 206,566 t lorsque les densités d'oeufs à chaque station sont corrigées pour le suréchantillonnage qui se produit à la fin des traits. Lorsque ces densités corrigées sont utilisées avec l'approche géostatistique, les productions quotidiennes pour chaque trajet sont estimées respectivement à 0.6068×10^{13} et 0.6366×10^{13} oeufs pour des biomasses de 238,897 t et 250,628 t. Cette approche démontre aussi qu'il existe une relation étroite entre les densités d'oeufs et la température de l'eau. Cette relation pourrait donc être utilisée dans le futur pour améliorer les estimations d'abondance. À cause du mauvais synchronisme entre la ponte et la mission et aussi en raison de la méthode-même utilisée pour calculer la courbe saisonnière de production d'oeufs, l'abondance estimée pour 1996 doit être considérée comme une abondance minimale.

ABSTRACT

The 1996 survey to assess the Atlantic mackerel biomass began three days later than planned, on June 18. On the first set, surface water temperatures were noted to be higher than during the initial sets of previous surveys. Furthermore, eggs at later development stages and mackerel larvae were more numerous. Daily egg production for the two sets was evaluated at 0.6604×10^{13} and 0.6129×10^{13} eggs, with corresponding spawning biomass values of 259,842 t and 241,318 t. The biomass values fell to 211,023 t and 206,566 t when the egg densities at each station were corrected for the oversampling that occurs at the end of tows. When these corrected densities were applied in the geostatistical approach, daily production values of 0.6068×10^{13} and 0.6366×10^{13} eggs were obtained for the sets, yielding biomass values of 238,897 t and 250,628 t. Using this approach, it was also determined that there is a close relationship between egg density and water temperature. This relationship can be used to improve abundance estimates in the future. Because the timing of the survey and spawning were not well synchronized and owing to the method used to derive the seasonal egg production curve, the abundance estimate for 1996 should be considered a minimal value.

INTRODUCTION

La biomasse reproductrice du maquereau bleu (*Scomber scombrus* L.) qui se reproduit dans le golfe du Saint-Laurent est présentement évaluée à partir de la production annuelle d'oeufs. Cette approche, qui est utilisée depuis le début des années 80, a été prévilégiée à l'utilisation des Analyses Séquentielles des Populations (ASP). Ces analyses n'offrent pas de résultats adéquats pour le maquereau parce que les taux de captures provenant de la pêche commerciale canadienne n'expriment pas l'abondance réelle du stock (Grégoire 1991). De plus, l'effort de pêche n'est pas suffisamment élevé pour permettre une utilisation optimale des modèles d'ASP et l'obtention d'une évaluation précise de la biomasse. Cela a d'ailleurs été observé lors de la dernière évaluation américaine de l'abondance du maquereau (Northeast Fisheries Science Center 1996).

Le présent rapport fait suite aux documents de Grégoire (1992, 1993), Grégoire et Lévesque (1994) et Grégoire *et al.* (1995) qui traitent des dernières estimations d'abondance du maquereau du golfe du Saint-Laurent. L'objectif principal demeure le calcul des productions quotidiennes et annuelles d'oeufs de même que l'estimation de la biomasse reproductrice.

INTRODUCTION

At present, the spawning biomass of the Atlantic mackerel (*Scomber scombrus* L.) that reproduce in the Gulf of St. Lawrence is evaluated on the basis of annual egg production. This approach, which has been in use since the early 1980s, is preferred over sequential population analyses (SPA). The latter method yields unsuitable results for mackerel, because the catch rates for the Canadian commercial fishery do not reflect the actual abundance of the stock (Grégoire 1991). Furthermore, fishing effort is not sufficient to permit optimal use of SPA models and obtain an accurate estimate of biomass. This situation was noted, moreover, during the latest U.S. assessment of mackerel abundance (Northeast Fisheries Science Center 1996).

This report follows on the documents published by Grégoire (1992, 1993), Grégoire and Lévesque (1994) and Grégoire *et al.* (1995) outlining the latest abundance estimates of mackerel in the Gulf of St. Lawrence. As in those previous documents, the main objective was to calculate daily and annual egg production values and estimate the spawning biomass.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

La mission d'évaluation de la biomasse reproductrice du maquereau a eu lieu du 18 juin au 30 juin 1996. Cette mission a débuté avec trois jours de retard en raison de certains problèmes de dernières minutes du *Alfred Needler*, le navire qui devait être utilisé pour la récolte des oeufs. Il a été remplacé par le *Grande Entrée* de la compagnie Madelipêche des Îles-de-la-Madeleine. Les oeufs ont été récoltés aux 65 stations habituelles réparties

MATERIAL AND METHODS

The survey of the spawning biomass of mackerel took place from June 18 to 30, 1996. The survey began three days late due to some last-minute problems with the *Alfred Needler*, the vessel that was to be used for the egg survey. It was replaced by the *Grande Entrée*, a boat owned by the Magdalen Islands firm Madelipêche. Mackerel eggs were collected at the 65 usual stations distributed throughout the southern Gulf of

dans toute la partie sud du golfe du Saint-Laurent (Figure 1). Lors de la mission, presque toutes les stations ont été visitées à deux reprises. Le plancton et les oeufs ont été récoltés à l'aide d'un filet Bongo de type MARMAP (Posgay et Marak 1980). La correction proposée par D'Amours et Grégoire (1992) a été utilisée pour tenir compte du suréchantillonnage des oeufs qui se produit à la fin des traits. À chacune des stations, un profil de la température de l'eau a été effectué en fonction de la profondeur. La température moyenne des dix premiers mètres a permis de déterminer le temps d'incubation des oeufs. Ce dernier a été utilisé pour calculer le nombre réel d'oeufs pondus au départ à partir du nombre d'oeufs de stade un et de ceux qui ont été brisés ou qui sont morts (stade 5) au moment de l'échantillonnage. Les densités d'oeufs ainsi rétrocalculées (nb/mètre carré) ont été utilisées pour calculer pour chaque trajet, et selon un plan d'échantillonnage aléatoire stratifié, les productions quotidiennes d'oeufs. Par la suite, ces dernières ont été transformées en productions annuelles et en biomasses selon le modèle développé par Maguire (1981) et modifié par Ouellet (1987). La fécondité des femelles utilisée dans le modèle a été déterminée à partir des équations présentées par Pelletier (1986).

Les productions quotidiennes d'oeufs ont aussi été estimées selon l'approche géostatistique à partir des densités d'oeufs corrigées. Grégoire et Bellehumeur (1996) ont déjà utilisé cette approche pour le maquereau du golfe du Saint-Laurent. L'analyse de la structure spatiale ainsi que le choix des variogrammes appropriés pour chaque trajet ont été effectués à l'aide du logiciel EVA (Petitgas et Prampart 1993). Le krigeage a été appliqué avec GSLIB (Deutsch et Journel 1992) sur un total de 54 blocs ou surfaces de 36 km par 36 km. Le nombre de blocs a été déterminé de façon à ce que chaque station se retrouve au centre d'un

St. Lawrence (Figure 1). Almost all the stations were visited twice during the survey. Plankton and eggs were collected with a MARMAP bongo sampler (Posgay and Marak 1980). The correction proposed by D'Amours and Grégoire (1992) was used to compensate for the oversampling of eggs that occurs at the end of tows. At each station, a profile of water temperature as a function of depth was obtained. The mean temperature of the first 10 metres of water was employed to calculate egg incubation time. Using this data, the actual number of eggs originally released was determined from the number of Stage 1 eggs and of broken and moribund eggs (Stage 5) found during sampling. The egg densities thus obtained by backcalculation (number/m^2) were used to compute daily egg production for each set, according to a stratified random sampling design. Then, the egg production data were converted to annual values and biomass estimates using the model developed by Maguire (1981) and modified by Ouellet (1987). The fecundity-per-female value used in the model was determined using the equations proposed by Pelletier (1986).

The geostatistical approach was also used to estimate the daily egg production based on the corrected egg densities. Grégoire and Bellehumeur (1996) already used this method for the Gulf of St. Lawrence mackerel. Spatial structure analysis and selection of the appropriate variograms for each set were done with the EVA software (Petitgas and Prampart 1993). Kriging was performed using GSLIB (Deutsch and Journel 1992) over a grid consisting of 54 blocks or surface areas measuring 36 km by 36 km. The number of blocks was selected in such a way that each station would be located at the centre of a block. Blocks for which more

bloc. Les blocs pour lesquels plus de la moitié de la surface se retrouvait sur les terres n'ont pas été retenus dans le calcul de la biomasse. Finalement, un variogramme croisé entre les densités d'oeufs et la température de l'eau a été construit pour le premier trajet à l'aide du logiciel GEOPACK (Yates et Yates 1990) dans le but de déterminer s'il existe une relation possible entre ces variables.

than half of the surface area consisted of land were not included in the biomass calculation. Finally, a crossed variogram for egg densities and water temperature was constructed for the first set using the software system GEOPACK (Yates and Yates 1990) to ascertain whether there was a relationship between the two variables.

RÉSULTATS

Les plus importantes concentrations d'oeufs ont été retrouvées dans la partie sud du golfe du Saint-Laurent, plus précisément à l'ouest des Îles-de-la-Madeleine (Figures 2a et 3a). C'est aussi dans cette région qu'on retrouve les températures de l'eau de surface (0-10 m) les plus élevées (Figures 2b et 3b).

Au cours du premier trajet, les températures de l'eau (0-10 m) ont été plus élevées de presque 2 °C par rapport à celles observées lors des premiers trajets de la plupart des missions effectuées depuis 1990 (Figure 4). L'abondance des oeufs, dont le développement est plus avancé, et des larves de maquereau était aussi plus importante que par les années passées (Figures 5 et 6). Ces observations démontrent bien que la ponte était déjà engagée lors du premier trajet de la mission de 1996. Les densités d'oeufs corrigées pour chaque station sont présentées aux Annexes 1 et 2.

Les productions quotidiennes pour chaque trajet ont été estimées à 0.6604 x 10^{13} et 0.6129 x 10^{13} oeufs ce qui correspond à des biomasses reproductrices de 259,842 t et 241,318 t (Tableau 1). Une fois la correction pour le suréchantillonnage appliquée, ces valeurs passent à 211,023 t et 206,566 t, pour une valeur moyenne de 208,794 t (Tableau 2). Ces biomasses sont les plus faibles observées depuis 1983 (Figure 7).

RESULTS

The largest egg concentrations were found in the southern Gulf of St. Lawrence, specifically west of the Magdalen Islands (Figures 2a and 3a). This is also the region with the highest surface water (0-10 m) temperatures (Figures 2b and 3b).

On the first set, the water temperatures (0-10 m) were nearly 2°C higher than those observed during the initial sets of most surveys since 1990 (Figure 4). The abundance of later-stage eggs along with mackerel larvae was greater than in previous years (Figures 5 and 6). This gives a clear indication that spawning was already under way during the first set of the 1996 survey. The corrected egg densities for each station are shown in Appendices 1 and 2.

Daily egg production was estimated at 0.6604 x 10^{13} and 0.6129 x 10^{13} eggs for the two sets, which corresponds to a spawning biomass of 259,842 t and 241,318 t (Table 1). When the correction for oversampling was applied, the biomass estimates fell to 211,023 t and 206,566 t (Table 2), the lowest values observed since 1983 (Figure 7).

Pour chaque trajet, la structure spatiale a été décrite à l'aide de variogrammes sphériques (Tableau 3; Figure 8). Ces modèles correspondent très bien aux données expérimentales. Les variogrammes montrent une très forte continuité spatiale ce qui permet d'espérer un gain considérable de précision des estimations. Dans le cas du premier trajet, les stations pour lesquelles aucun oeuf n'a été trouvé, n'ont pas été utilisées dans la construction du variogramme. Par contre, elles ont été incluses lors du krigeage. Dans le cas du premier variogramme, trois paires de points seulement constituent le premier pas qui se situe à 18 km. Cependant, le nombre de paires augmente rapidement entre le premier pas et le second qui est à 36 km. Pour chaque trajet, les densités moyennes d'oeufs par bloc ont été estimées à 86.71 oeufs/m^2 et 90.97 oeufs/m^2. Les productions quotidiennes ont été de 0.6068 x 10^{13} et 0.6366 x 10^{13} oeufs (Tableau 4) pour des biomasses respectives de 238,897 t et 250,628 t. Ces valeurs sont associées à une surface totale de 69,984 km^2 (54 x 36 km x 36 km) par rapport à 69,450 km^2 utilisée dans la méthode traditionnelle. Finalement, comme le démontre la forme du variogramme croisé, il existe une relation évidente entre la densité d'oeufs et la température de l'eau pour des distances de l'ordre de 40 km (Figure 9). Cette relation pourrait être utilisée dans du co-krigeage afin d'améliorer à nouveau les estimations d'abondance.

For each set, spatial structure was described by means of spherical variograms (Table 3; Figure 8); these models are very suitable for experimental data. The variograms show a high degree of spatial continuity, possibly reflecting a considerable gain in estimation accuracy. For the first set, the stations at which no eggs were found were not employed in constructing the variogram; however, they were included in the kriging. In the case of the first variogram, only three pairs of points made up the first lag, located at 18 km. However, the number of pairs rose sharply between the first lag and the second lag, situated at 36 km. For the two sets, mean egg density per block was estimated at 86.71 eggs/m^2 and 90.97 eggs/m^2. Daily production was 0.6068 x 10^{13} and 0.6366 x 10^{13} eggs (Table 4) for biomass values of 238,897 t and 250,628 t respectively. These values correspond to a total surface area of 69,984 km^2 (54 x 36 km x 36 km) compared with 69,450 km^2 in the conventional method. Finally, as the shape of the crossed variogram shows, there is an obvious relationship between egg density and water temperature over distances of the order of 40 km (Figure 9). This relationship could be applied in co-kriging to further improve abundance estimates.

DISCUSSION

Lors du premier trajet de la mission de 1996, la ponte était déjà bien engagée. La température de l'eau était plus chaude et il y avait plus d'oeufs dont le développement était avancé et de larves de maquereau que lors des précédentes missions. Il semble donc y avoir eu en 1996 un mauvais synchronisme entre la ponte et la mission. La biomasse

DISCUSSION

On the first set of the 1996 survey, spawning was already well under way. Water temperatures were higher, and there were more late-stage eggs and mackerel larvae than during previous surveys. Hence, it appears that the timing of the survey and spawning were not well synchronized. The spawning biomass estimate for 1996 thus represents a

reproductrice calculée pour 1996 représente alors une valeur minimale.

minimum value.

En raison de la méthode utilisée pour calculer la production totale d'oeufs (Méthode de la Production Totale ou Annuelle), il est très important d'avoir un bon synchronisme entre la ponte et la mission. Avec cette méthode, la valeur de la production quotidienne d'oeufs détermine la hauteur de la courbe de production saisonnière. Puisque la date du pic théorique de la ponte, c'est-à-dire la date où la valeur de la courbe de production est maximale, et les écarts-types de cette courbe sont fixes, le calcul d'une faible production quotidienne occasionnée par un retard de la mission ou par une ponte plus hâtive se traduit par une sous-estimation de la biomasse. L'importance de ce synchronisme est démontré à partir des données de la mission de 1992. Un retard dans le premier trajet est simulé en décalant successivement les stations et en calculant à chaque fois une estimation de la production quotidienne. Après avoir décalé de 65 stations, la valeur obtenue correspond finalement à celle calculée pour le deuxième trajet. Selon cette approche, après un simple retard de trois jours, c'est-à-dire après un décalage d'environ 30 stations, la production quotidienne est déjà deux fois moins élevée qu'au départ (Figure 10). Cet exemple démontre aussi que la ponte chez le maquereau s'effectue assez rapidement.

Owing to the method used to calculate total egg production (total or annual production method), the timing of the egg survey is crucial and needs to be synchronized with spawning. With this technique, the daily egg production value is used to determine the height of the seasonal production curve. Since the date of the theoretical peak of spawning, ie, the date on which the production curve reaches a maximum value, and the standard deviations of the curve are fixed, a low egg production value caused by a delayed survey or earlier-than-usual spawning leads to an underestimation of biomass. The importance of synchronizing these two events can be seen from the 1992 survey data. The effect of delaying the first set can be simulated by moving each station over by one successively and then estimating daily egg production each time. Once all 65 stations have been shifted, the value obtained ends up corresponding to that calculated for the second set. This approach indicates that, after a slight delay of three days, ie, after shifting about 30 stations, daily production is already twice as low as it was originally (Figure 10). The example also shows that spawning in mackerel occurs quite rapidly.

Cette rapidité dans la ponte s'observe aussi dans l'évolution saisonnière de l'indice gonado-somatique (Figure 11). Au début du mois de juin (jours de l'année 152-153), l'indice se situe généralement entre 10 % et 15 %. Il diminue rapidement par la suite pour se situer à des valeurs inférieures à 2 % vers la fin du mois de juillet (jours de l'année 207-208). Ce patron ainsi que la date où la valeur de l'indice est maximum varie peu d'une année à l'autre. La seule exception est l'année 1989 où l'indice n'a pas atteint en

The rapidity of mackerel spawning can also be seen in the change in the gonado-somatic index over the season (Figure 11). In early June, (year days 152-153), the index generally lies between 10% and 15%, then declines quickly, reaching values lower than 2% around the end of July (year days 207-208). This pattern, together with the date on which the index value peaks, varies little from year to year. The only exception occurred in 1989, when the index did not rise above 10% early in the season. This situation may have been

début de saison une valeur supérieure à 10 %. Cette situation peut avoir été causée par un échantillonnage commercial incomplet. De plus, il pourrait y avoir eu en 1989 un mauvais synchronisme entre la mission et la ponte, le premier trajet de cette mission n'ayant débuté que le 20 juin.

caused by incomplete commercial sampling. The 1989 survey may not have been timed well to coincide with spawning, as the first set did not take place until June 20.

Dans la plupart des cas, la valeur maximale de l'indice gonado-somatique se situe avant le pic théorique de la ponte. Ce dernier est fixé dans le Modèle de la Production Totale d'oeufs au 24 juin (jour de l'année 175-176). À l'exception de 1989 et 1996, le nombre moyen de jours entre cette valeur et le pic théorique est de 17.17 jours. Comme il y a aussi 17 jours de différence en 1996, il semble que la date de la valeur maximale de l'indice ne puisse être utilisée pour corriger la date du pic de la ponte.

In most cases, the gonado-somatic index attains a maximum value before the theoretical peak in spawning. In the total egg production model, the spawning peak is set at June 24 (year day 175-176). Except in 1989 and 1996, the average number of days between this date and the theoretical peak is 17.17 days. Since in 1996 there was a difference of 17 days also, it appears that the date of the maximum index value cannot be used to correct the peak spawning date.

REMERCIEMENTS

De sincères remerciements sont exprimés à l'égard du Dr. Claude Bellehumeur pour la révision du document et du Dr. Yvan Simard pour tous les judicieux conseils concernant l'approche géostatistique. Des remerciements vont aussi à Luci Bossé, Linda Girard et Roberta Miller pour toute l'aide apportée lors de l'identification de certains organismes planctoniques et à Marc Ringuette, Sylvain Chartrand et Alain Marchant pour leur participation à la mission d'évaluation. Finalement, de chaleureux remerciements vont à la compagnie Madelipêche pour avoir mis rapidement à notre disposition le *Grande Entrée* et à tout son équipage pour leur précieuse collaboration.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors extend sincere thanks to Dr. Claude Bellehumeur for reviewing the document and Dr. Yvan Simard for his helpful advice on the geostatistical approach. They are also grateful to Luci Bossé, Linda Girard and Roberta Miller for their assistance in identifying planktonic organisms, and to Marc Ringuette, Sylvain Chartrand and Alain Marchant for participating in the assessment survey. Finally, heartfelt thanks go to Madelipêche for making the *Grande Entrée* available on such short notice, and to all its crew for their valuable co-operation.

RÉFÉRENCES / REFERENCES

Deutsch, C. V., et A. G. Journel. 1992. **GSLIB**: Geostatistical Software Library and User's Guide. Oxford University Press, New York.

D'Amours, D., et F. Grégoire. 1992. Analytical correction for oversampled mackerel (*Scomber scombrus* L.) eggs collected with oblique plankton tows. Fishery Bulletin 90: 190-196.

Grégoire, F. 1991. Analyse des captures de maquereaux bleus (*Scomber scombrus*) en 1990 pour les sous-régions 2 à 6 de l'OPANO et présentation de certaines caractéristiques biologiques. CAFSAC Research Document. 91/78.

Grégoire, F. 1992. Suivi des captures de maquereau bleu (*Scomber scombrus* L.) en 1991 pour les sous-régions 2 à 6 de l'OPANO et évaluation de la biomasse reproductrice du golfe du St-Laurent. CAFSAC Research Document. 92/53.

Grégoire, F. 1993. Estimate of the spawning stock of mackerel (*Scomber scombrus* L.) in the Gulf of St. Lawrence and monitoring of catches for NAFO subareas 2-6 in 1992. DFO Atlantic Fisheries. Research Document. 93/54.

Grégoire, F., et C. Lévesque. 1994. Estimate of Gulf of St. Lawrence spawning stock of mackerel (*Scomber scombrus* L.) by total egg production and batch fecundity in 1993. DFO Atlantic Fisheries. Research Document. 94/61.

Grégoire, F., D. D'Amours, C. Lévesque, et D. Thibeault. 1995. Estimation of the Gulf of St. Lawrence spawning stock biomass of mackerel (*Scomber scombrus* L.) for 1994. DFO Atlantic Fisheries. Research Document 95/118.

Grégoire, F., et C. Bellehumeur. 1996. Estimation géostatistique de la production quotidienne d'oeufs chez le maquereau bleu (*Scomber scombrus* L.) du golfe du Saint-Laurent. DFO Atlantic Fisheries. Research Document. 96/60.

Maguire, J.-J. 1981. Maturité, fécondité, ponte et évaluation de la taille du stock reproducteur du maquereau atlantique (*Scomber scombrus*) dans le golfe du Saint-Laurent. Master's thesis, Laval University, Quebec City. 137 p.

Northeast Fisheries Science Center. 1996. Report of the 20th Northeast Regional Stock Assessment Workshop (20th SAW): Stock Assessment Review Committee (SARC) consensus summary of assessments. Northeast Fish. Sci. Cent. Ref. Doc. 95-18; 211 p.

Ouellet, P. 1987. Mackerel (*Scomber scombrus* L.) egg abundance in the southern Gulf of St. Lawrence from 1979 to 1986, and the use of the estimate for stock assessment. CAFSAC Research Document 87/62. 40 p.

Pelletier, L. 1986. Fécondité du maquereau bleu, *Scomber scombrus* L., du golfe du Saint-Laurent. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1467: v + 37 p.

Petitgas, P., et A. Prampart. 1993. **EVA** (Estimation de la Variance): Logiciel de géostatistique pour IBM-PC effectuant l'analyse structurale et les calculs de variance d'estimation des quantités totales pour des données géographiquement corrélées. Software presented at the 81st statutory meeting of ICES with references CM 1993/D: 65. 55 p.

Posgay, J.A., et R.R. Marak. 1980. The MARMAP Bongo zooplanckton samplers. J. North-West Atl. Sci. 1: 91-99.

Yates, S. R., et M. V. Yates. 1990. A User's Manual for the **GEOPACK** (Version 1.0) Geostatistical Software System. United States Environmental Protection Agency. Robert S. Kerr Environmental Research Laboratory, ADA. Oklahoma. 70p.

Tableau 1. Paramètres annuels utilisés dans la détermination de la biomasse reproductrice du maquereau du golfe du Saint-Laurent.
Table 1. Annual parameters used in the spawning stock biomass calculation for the Atlantic mackerel in the Gulf of St. Lawrence.

ANNÉE / YEAR	MISSION / SURVEY*	TRAJET / PASS	P.Q.O. / D.E.P.** (x 10^{13})	É.-T. / STD. (x 10^{12})	P.T.O. / T.E.P*** (x 10^{14})	N****	POIDS MOYEN / MEAN WEIGHT (g)	FÉCONDITÉ MOYENNE / MEAN FECUNDITY*****	BIOMASSE / BIOMASS (t)
1979	P-221	1	2.13	3.5819	7.981				
1980	P-239	1	1.041	1.9748	1.915				
1982	P-273	1	4.163	8.6989	38.027				
	P-275	2	1.129	2.2605	2.236				
1983	P-292	1	1.054	2.0025	1.523	94	792.1	645,916.77	**373,540**
1984	N-030	1	2.022	2.6439	3.368	182	658.6	533,237.56	**831,960**
		2	0.963	1.6031	2.677				**661,270**
1985	P-324	1	2.813	2.6495	4.745	244	608.71	539,576.89	**1,070,600**
		2	2.275	2.3	10.781				**2,432,600**
1986	P-337	1	5.053	5.0229	8.763	103	620.86	593,852.71	**1,832,300**
		2	1.683	2.0712	7.94				**1,660,200**
1987	P-353	1	4.0305	7.4232	7.317	177	569.64	486,924.84	**1,712,000**
		2	0.9075	—	1.941				**454,140**
1988	P-369	1	6.0607	8.8117	11.172	103	639.73	581,855.75	**2,456,600**
		2	1.6397	2.6845	4.952				**1,088,900**
1989	P-386	1	2.1254	4.2407	3.5902	39	721.5	703,611.56	**736,300**
		2	0.6661	1.1758	1.7417				**357,200**
1990	P-400	1	3.1668	6.4535	6.777	129	626.28	561,839.64	**1,510,900**
		2	3.0191	4.5998	5.627				**1,254,500**
1991	P-415	1	4.7922	7.4373	8.5171	73	508.05	441,542.09	**1,960,000**
1992	P-430	1	3.4882	6.0721	6.3655	96	574.89	498,968.92	**1,466,803**
		2	1.4333	1.89	2.8499				**656,703**
1993	P-445	1	3.4434	6.5793	6.7344	186	581.91	571,710.66	**1,370,908**
		2	1.6665	2.8884	3.2592				**663,469**
1994	N-209	1	2.2606	5.6912	5.1492	59	492.82	440,565.87	**1,151,986**
		2	2.0579	3.3015	3.4579				**773,606**
1996	GE-001	1	0.6604	1.1582	1.1031	24	592.32	552,265.52	**259,842**
		2	0.6129	1.1	1.1249				**241,318**

* P= E.E. Prince; N= Alfred Needler; GE= Grande Entrée.

** = Production Quotidienne d'Oeufs / Daily Eggs Production.

*** = Production Totale d'Oeufs / Total Eggs Production.

**** = Nombre de femelles analysées / Number of females studied.

***** = Calculée selon l'équation générale de Pelletier (1986) / Calculated with the general equation of Pelletier (1986).

Tableau 2. Biomasse reproductrice (t) du maquereau du golfe du Saint-Laurent après correction pour le suréchantillonnage des oeufs en surface à la fin des traits.

Table 2. Gulf of St. Lawrence Atlantic mackerel spawning stock biomass after the correction for the oversampling of the eggs at the surface at the end of the tows.

ANNÉE / YEAR*	MISSION / SURVEY**	TRAJET / PASS	P.Q.O. / D.E.P.*** (x 10 [13])	É.-T. / STD. (x 10 [12])	P.T.O. / T.E.P**** (x 10 [14])	BIOMASSE / BIOMASS (t)	MOY. ANNUELLE ANNUAL MEAN (t)
1983	P-292	1	0.7098	1.5899	1.2734	312,319	**312,319**
1984	N-030	1	1.601	2.0244	2.6901	664,514	**603,431**
		2	0.7269	1.1827	2.1956	542,349	
1985	P-324	1	2.2435	2.1774	4.0248	908,096	**1,556,384**
		2	1.6586	2.0367	9.7714	2,204,673	
1986	P-337	1	3.8259	3.8412	6.7997	1,421,787	**1,369,178**
		2	1.3277	1.5262	6.2965	1,316,570	
1987	P-353	1	2.9453	5.122	4.9752	1,164,070	**785,019**
		2	0.7088	_____	1.7351	405,969	
1988	P-369	1	4.0707	5.6124	8.3014	1,825,430	**1,351,709**
		2	1.2216	1.9477	3.9928	877,989	
1989	P-386	1	1.5758	3.0537	2.6618	545,890	**401,075**
		2	0.5106	0.8693	1.2495	256,260	
1990	P-400	1	2.6298	5.3242	5.6273	1,254,545	**1,082,202**
		2	2.4075	3.6973	4.0812	909,859	
1991	P-415	1	3.2545	4.802	5.7842	1,331,091	**1,331,091**
1992	P-430	1	2.64	4.6085	4.8176	1,110,120	**791,953**
		2	1.0341	1.401	2.0561	473,787	
1993	P-445	1	2.7595	5.4842	5.3969	1,098,636	**775,716**
		2	1.1373	1.9009	2.2243	452,796	
1994	N-209	1	1.8246	4.3377	4.1561	929,808	**800,676**
		2	1.7864	2.9076	3.0017	671,544	
1996	GE-001	1	0.536	0.9457	0.9838	211,023	**208,794**
		2	0.5247	0.9254	0.963	206,566	

* Depuis 1990, les temps de surface à la fin des traits sont notés et la correction est calculée selon D'Amours et Grégoire (1992)
- Avant 1990, les corrections ont été calculées à partir des régressions entre les densités d'oeufs corrigées et non corrigées /
Since 1990, the surface time at the end of the tows are noted and the correction is calculated according to D'Amours and Grégoire (1992)
- Before 1990, the corrections have been calculated with the regressions between the adjusted and unadjusted eggs densities.

** P= E.E. Prince; N= Alfred Needler; GE= Grande Entrée.

*** = Production Quotidienne d'Oeufs / Daily Eggs Production.

**** = Production Totale d'Oeufs / Total Eggs Production.

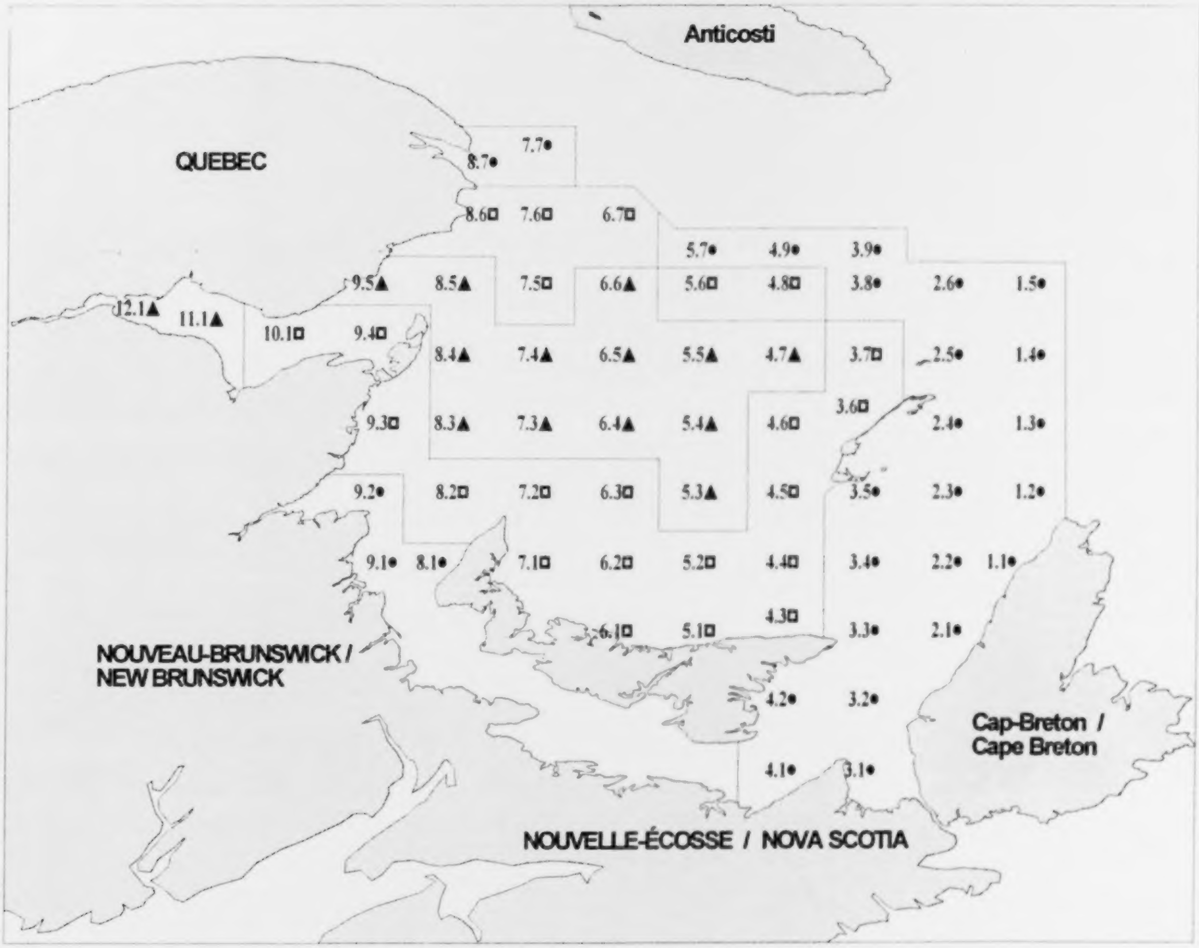
Tableau 3. Paramètres des modèles de variogrammes pour les densités d'oeufs de maquereau.
Table 3. Parameters of the variograms models for the mackerel eggs densities.

PARAMÈTRES / PARAMETERS	TRAJET / PASS	
	1	2
Pépite / Nugget effect C_0	1000	800
Modèle / Model	Sphérique / Spherical	Sphérique / Spherical
Plateau / Sill C_1	17 000	19 500
Portée / Scale Parameter a_1	75 km	95 km

Tableau 4. Paramètres de l'estimation géostatistique du nombre d'oeufs de maquereau pour le golfe du Saint-Laurent.
Table 4. Parameters of the geostatistical estimation of the number of mackerel eggs for the Gulf of St. Lawrence.

	TRAJET / PASS 1	TRAJET / PASS 2
k^{i}	54	54
x^{ii}	86.7078 oeufs-eggs/m^2	90.9663 oeufs-eggs/m^2
$\gamma(s, s)^{iii}$	7 341	6 650
τ^*	$0.6068 \bullet 10^{13}$	$0.6366 \bullet 10^{13}$
var $(\tau^*)^{iv}$	$0.6658 \bullet 10^{24}$	$0.6032 \bullet 10^{24}$
τ^* inf.^{v}	$0.4470 \bullet 10^{13}$	$0.4840 \bullet 10^{13}$
τ^* sup.^{v}	$0.7670 \bullet 10^{13}$	$0.7890 \bullet 10^{13}$
P^{vi}	26.35 %	23.91 %

i: nombre de surfaces à kriger / number of blocks for the kriging;
ii: moyenne de toutes les surfaces / mean for all the blocks;
iii: valeur moyenne du variogramme dans une surface de 36 km x 36 km / mean value of the variogram for a block of 36 km x 36 km;
iv: variance de l'estimation globale selon le modèle de variogramme / variance of the global estimation according to the variogram model;
v: inf. et sup. désignent les limites inférieure et supérieure d'un intervalle de confiance à 95% / inf. and sup. are the lower and upper limits for an interval of confidence of 95%;
vi: précision de l'estimation / precision of the estimation.



LÉGENDE / LEGEND :

- ● STRATE / STRATUM 1
- □ STRATE / STRATUM 2
- ▲ STRATE / STRATUM 3

Figure 1. Carte des stations et des strates de la mission des oeufs de maquereau / Map of the stations and strata for the mackerel eggs survey.

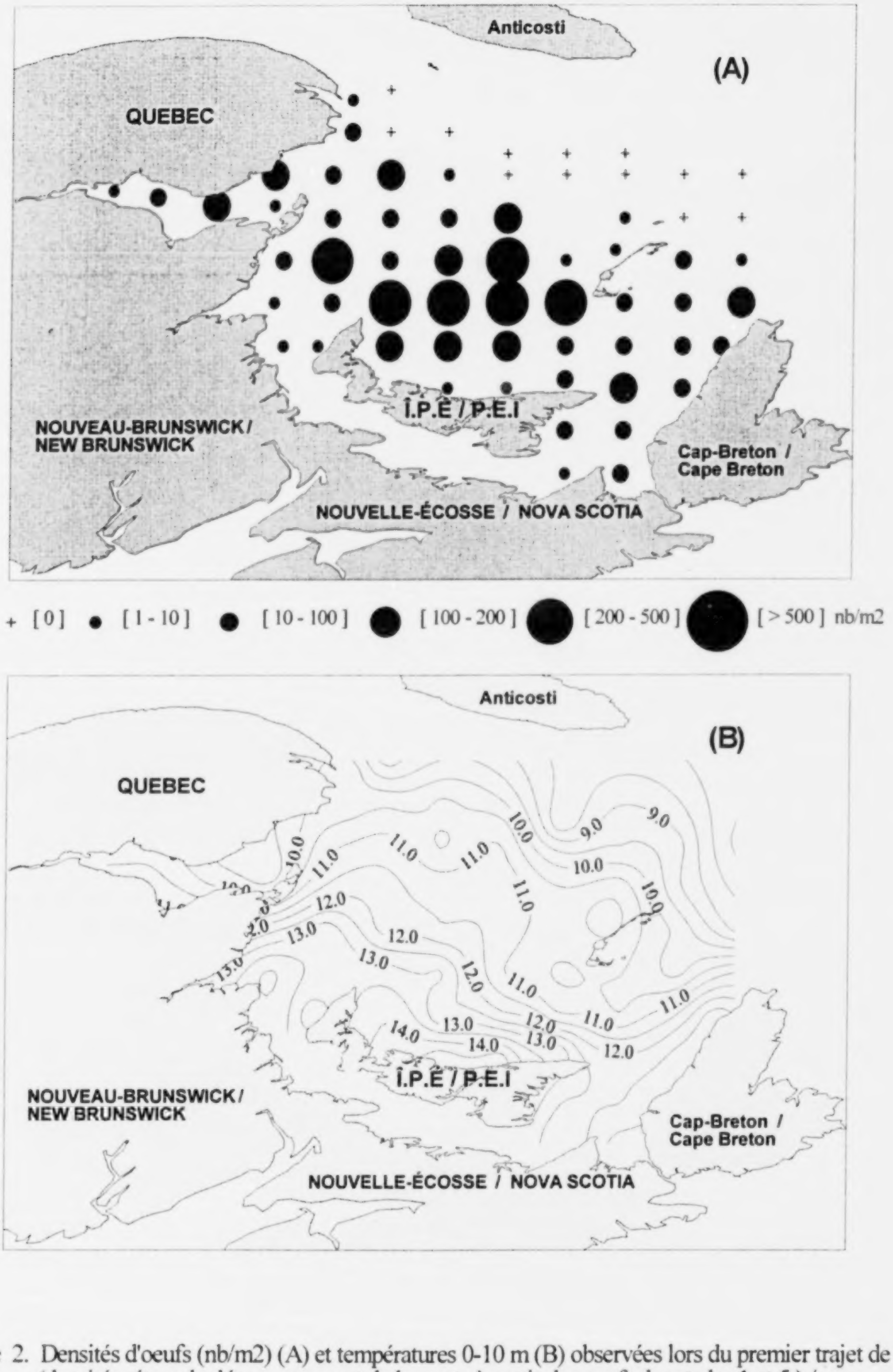


Figure 2. Densités d'oeufs (nb/m2) (A) et températures 0-10 m (B) observées lors du premier trajet de 1996 (densités rétrocalculées au moment de la ponte à partir des oeufs des stades 1 et 5) / Eggs densities (nb/m2) (A) and temperatures 0-10 m (B) observed during the first pass of 1996 (densities backcalculated at the spawning moment with eggs of stages 1 and 5).

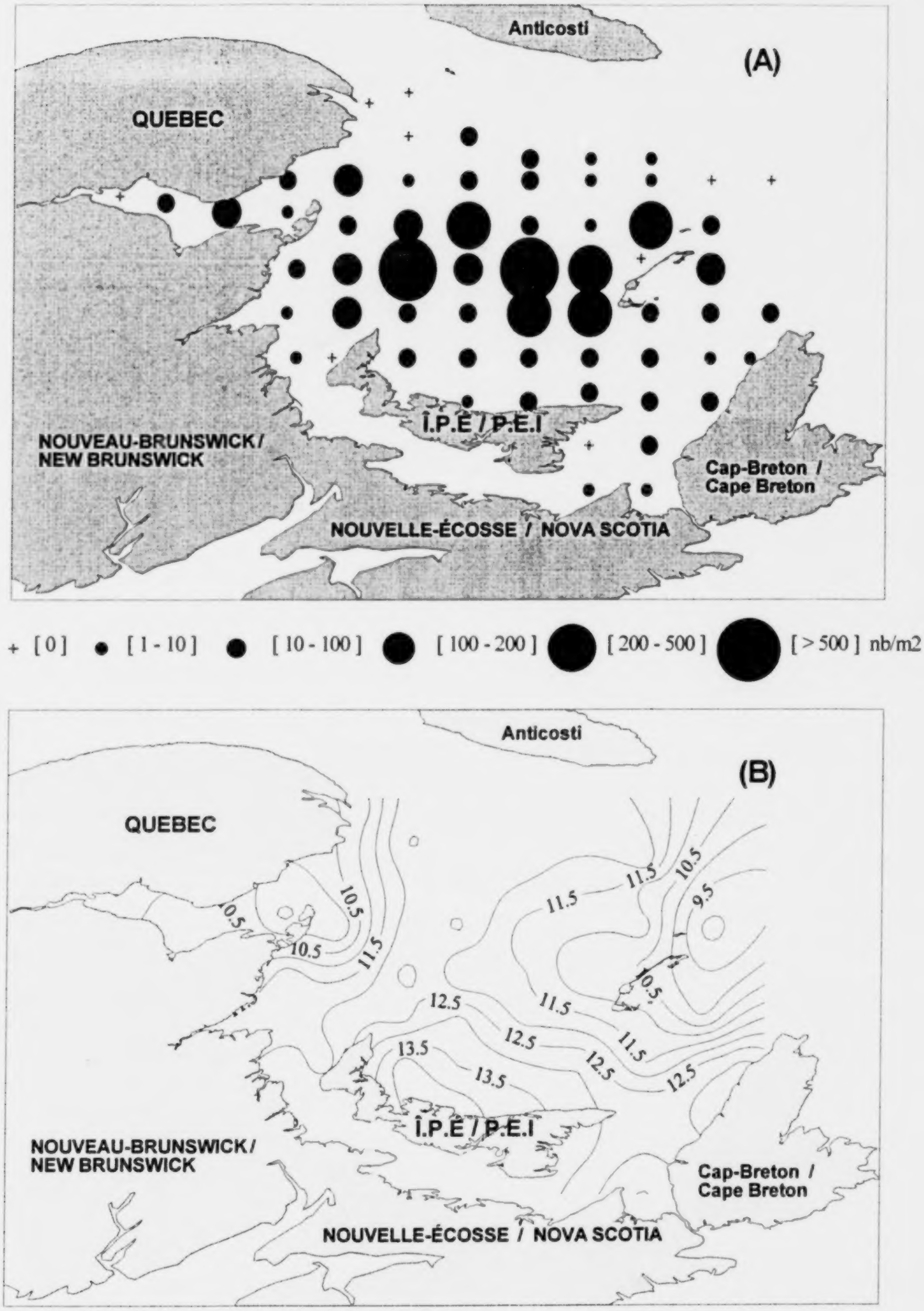


Figure 3. Densités d'oeufs (nb/m2) (A) et températures 0-10 m (B) observées lors du deuxième trajet de 1996 (densités rétrocalculées au moment de la ponte à partir des oeufs des stades 1 et 5) /
Eggs densities (nb/m2) (A) and temperatures 0-10 m (B) observed during the second pass of 1996 (densities backcalculated at the spawning moment with eggs of stages 1 and 5).

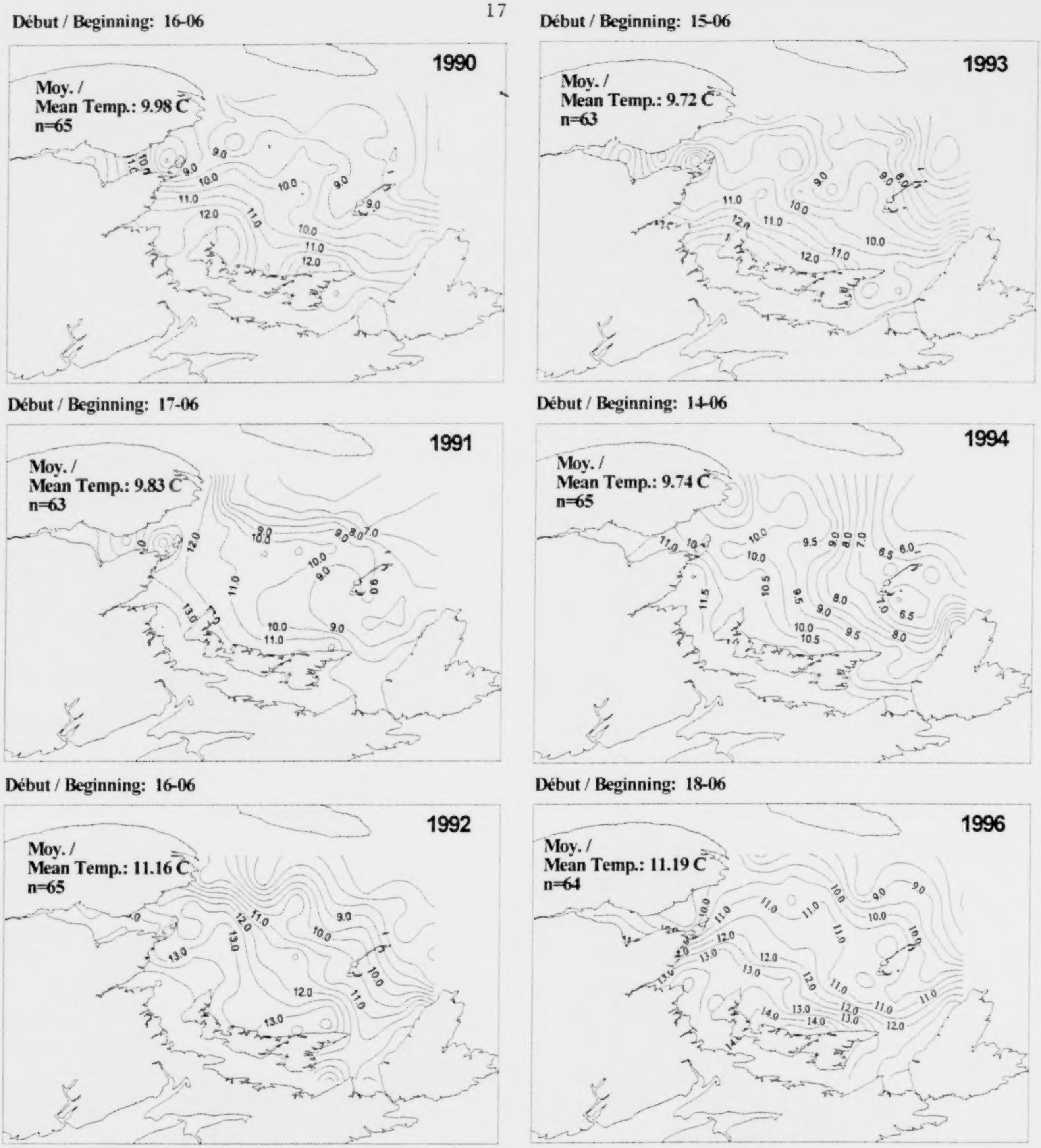


Figure 4. Températures moyennes de l'eau à 0-10 m enregistrées lors du premier trajet des six dernières missions des oeufs de maquereau /
Mean water temperatures at 0-10 m observed during the first pass of the last six mackerel eggs surveys.

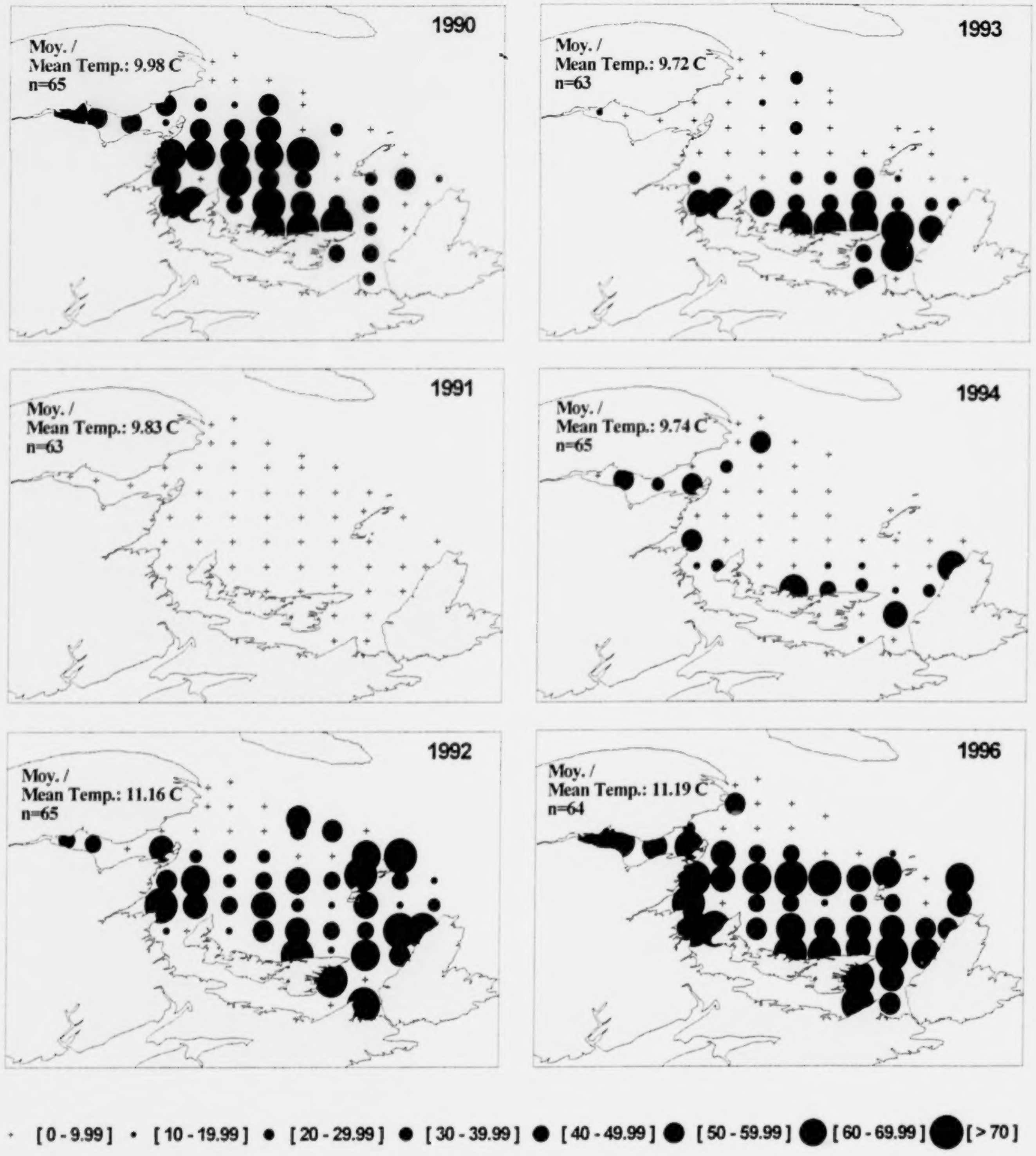


Figure 5. Proportions (%) entre les oeufs des stades avancés 2, 3 et 4 et les oeufs de tous les stades récoltés lors du premier trajet des six dernières missions des oeufs de maquereau / Proportions (%) between eggs of advanced stages 2, 3 and 4 and the eggs of all stages collected during the first pass of the last six mackerel eggs surveys.

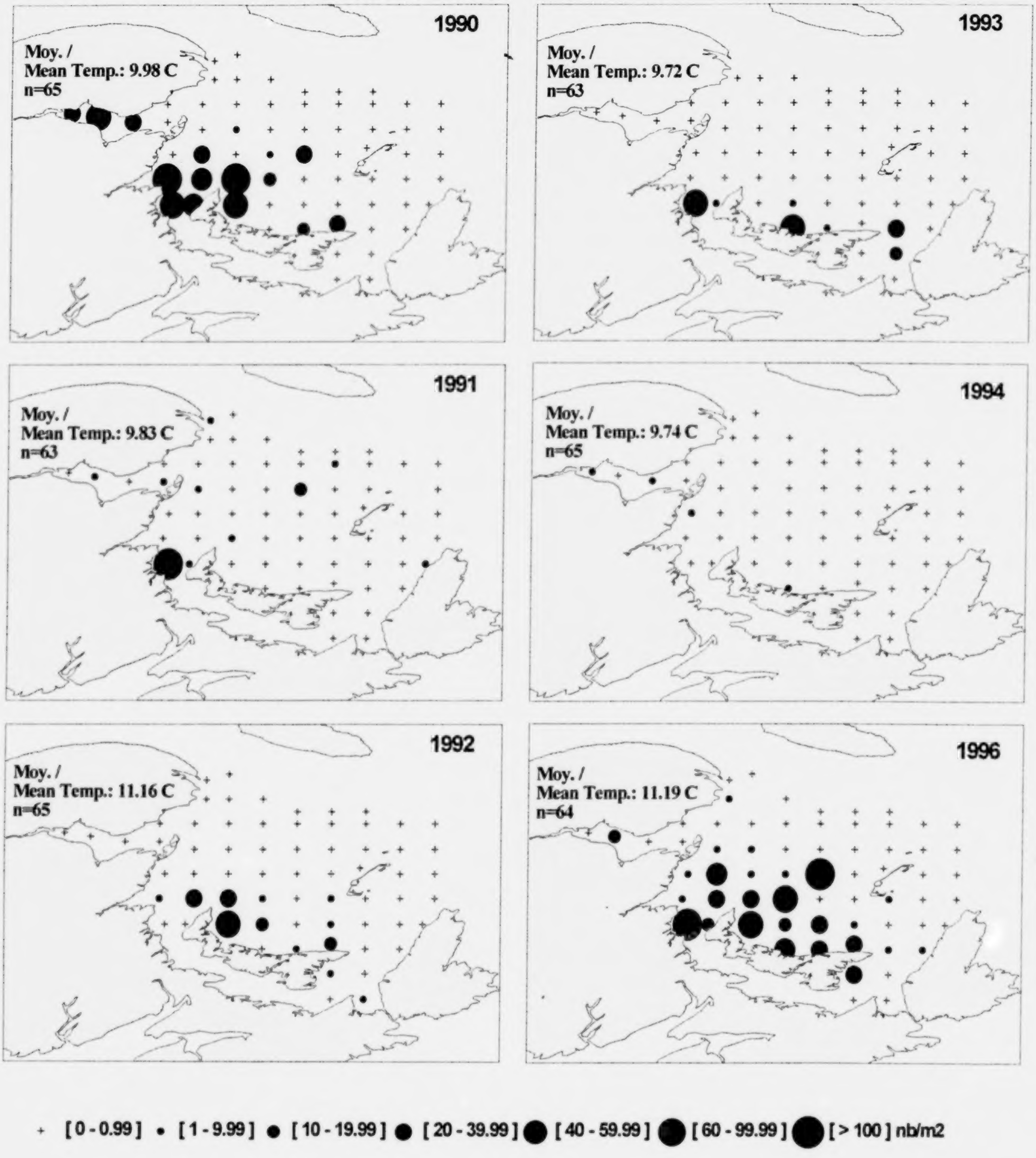


Figure 6. Larves de maquereau (nb/m2) observées lors du premier trajet des six dernières missions des oeufs de maquereau / Mackerel larvae (nb/m2) observed during the first pass of the last six mackerel eggs surveys.

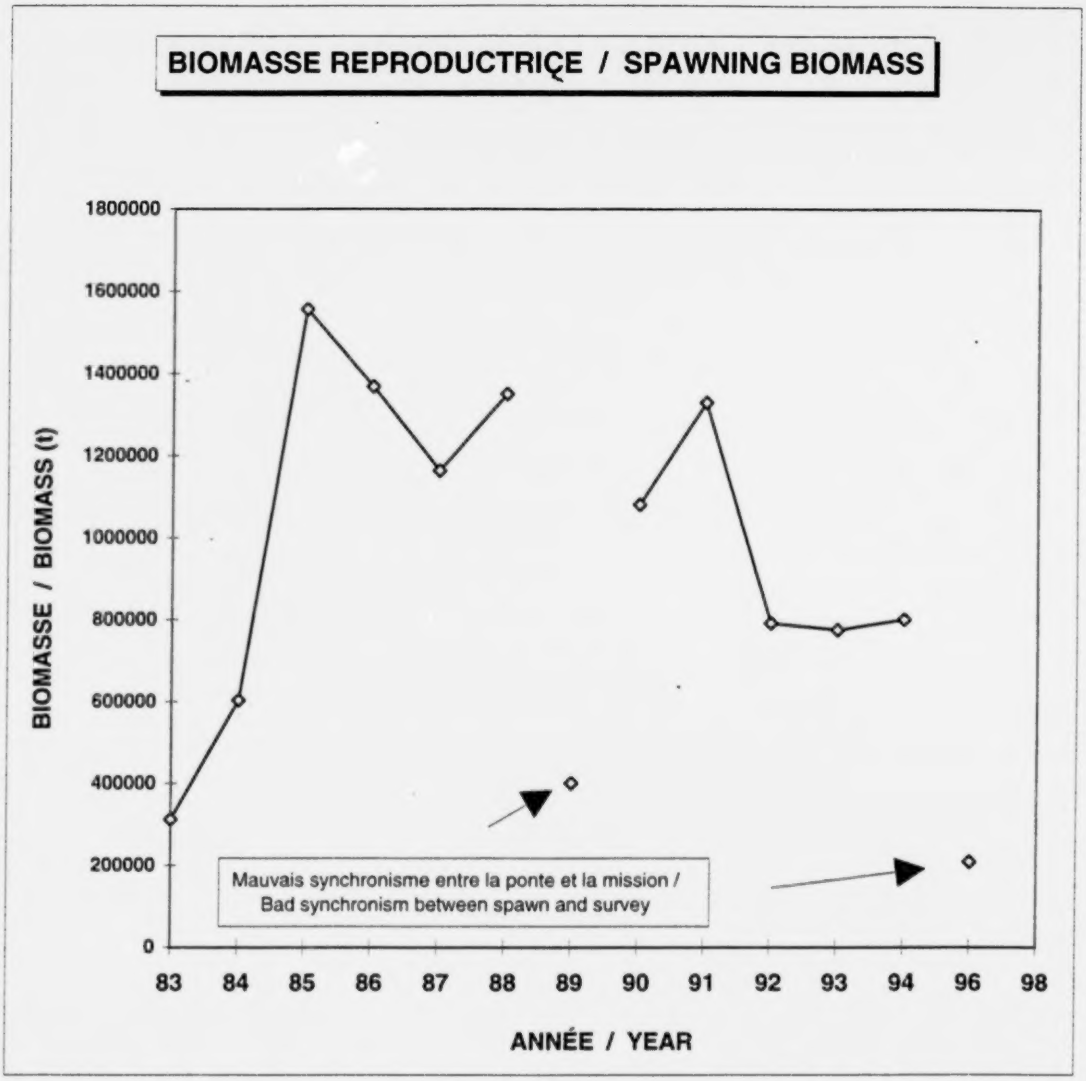
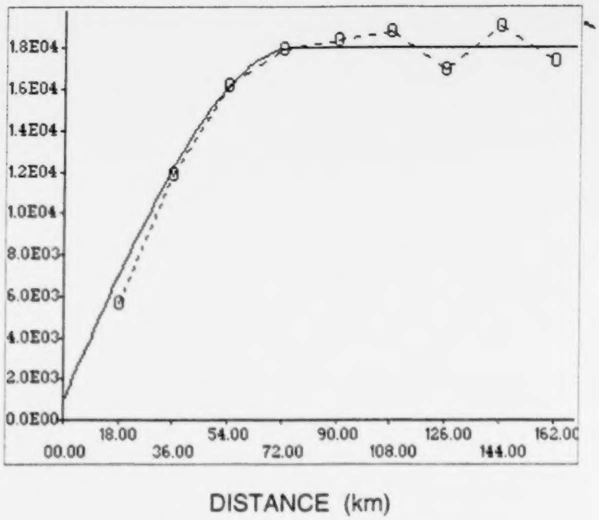


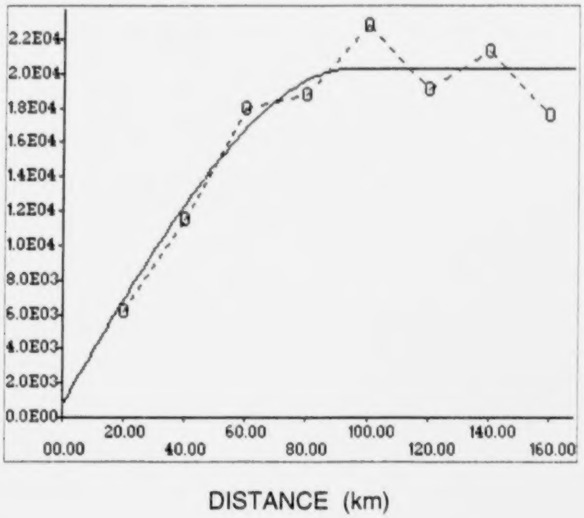
Figure 7. Biomasse reproductrice du maquereau bleu du golfe du Saint-Laurent corrigée pour le suréchantillonnage des oeufs à la fin des traits / Spawning stock biomass for the Atlantic mackerel of the Gulf of St. Lawrence corrected for the oversampling of eggs at the end of the tows.



TRAJET / PASS : 1

Direction: 0°

Pas / Lag	Paires / Pairs	Valeurs / Values
18	3	5669.30
36	75	11887.64
54	69	16182.27
72	78	17936.00
90	106	18413.43
108	111	18761.81
126	127	16904.75
144	90	19028.13
162	121	17343.42



TRAJET / PASS : 2

Direction: 0°

Pas / Lag	Paires / Pairs	Valeurs / Values
20	10	6184.29
40	108	11462.70
60	90	17999.13
80	215	18736.13
100	94	22768.61
120	207	19093.80
140	166	21259.58
160	215	17556.48

Figure 8. Variogrammes des densités d'oeufs de maquereau pour chacun des trajets de la mission de 1996 / Variograms of the mackerel eggs densities for each pass of the 1996 survey.

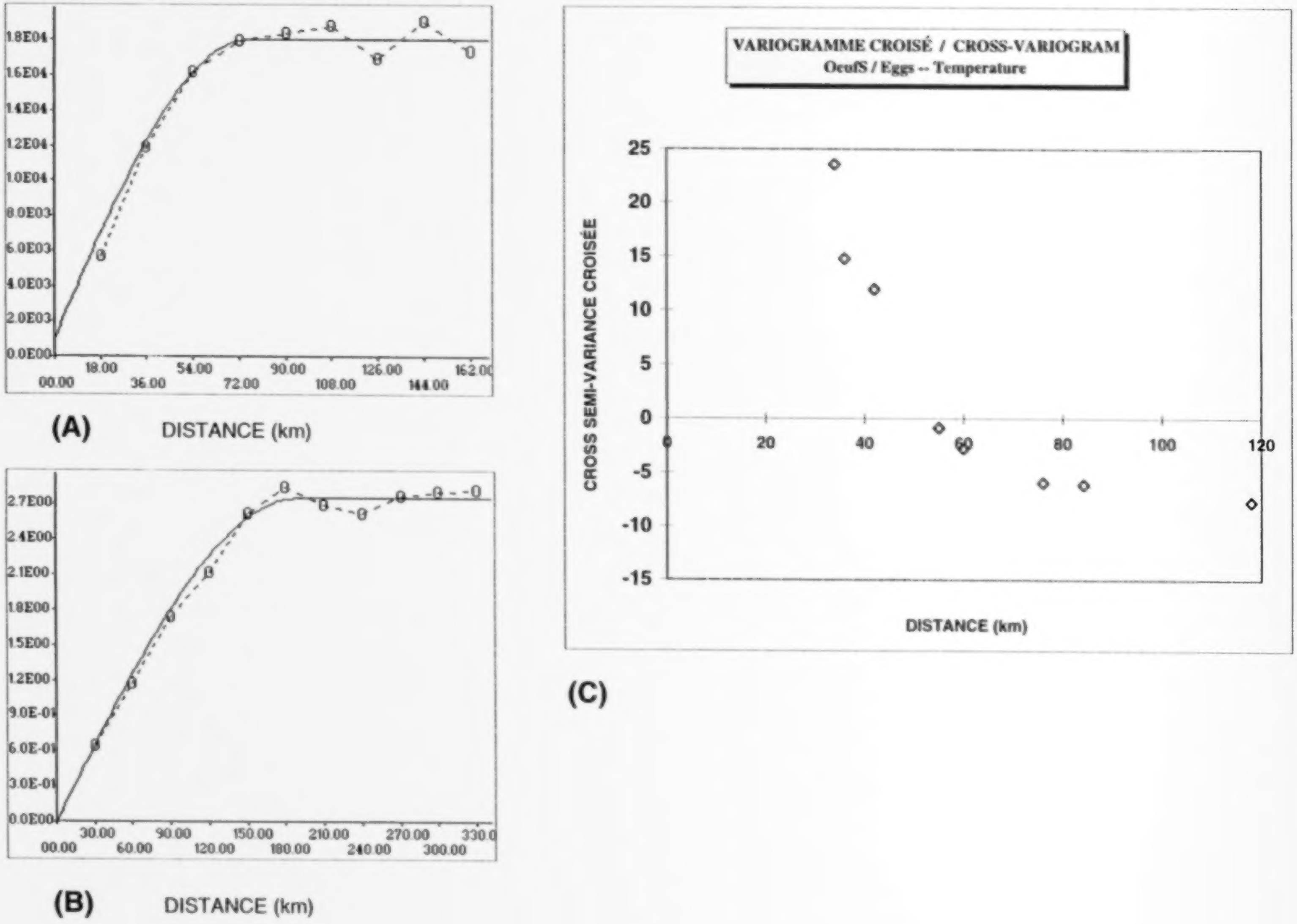
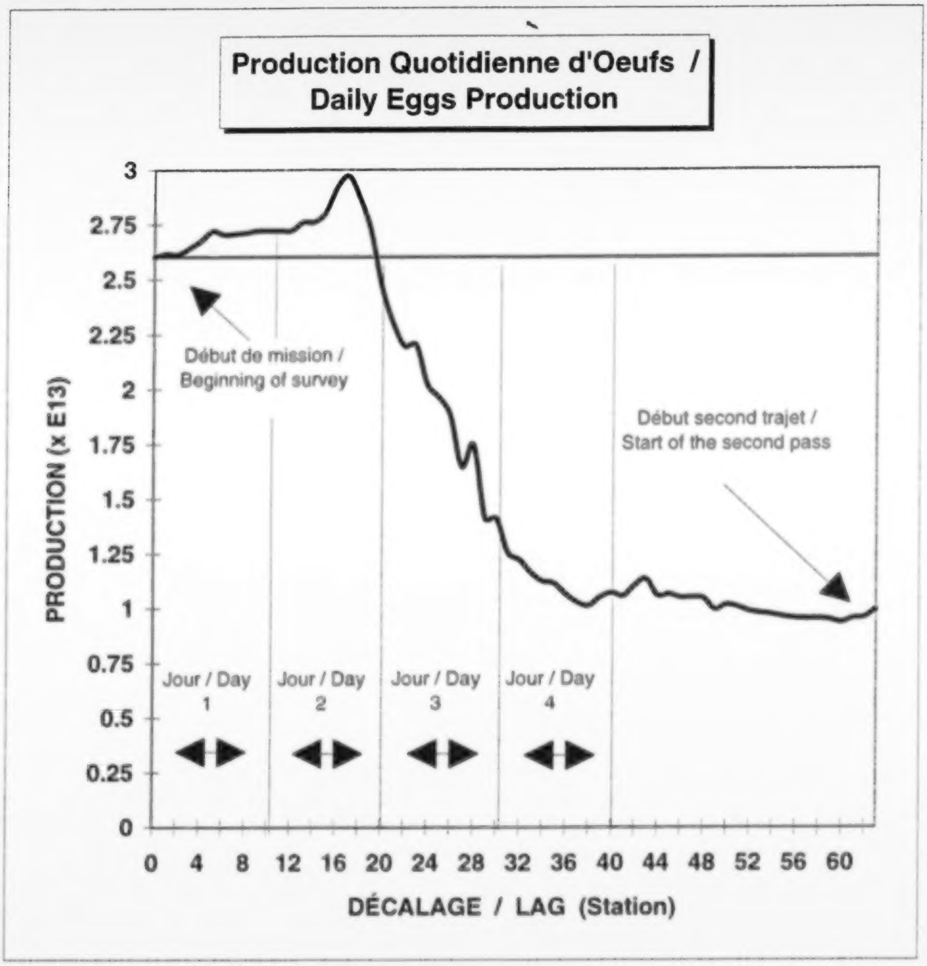


Figure 9. Variogrammes des densités d'oeufs (A) et de la température de l'eau (0-10 m) (B) et variogramme croisé (C) pour le premier trajet de la mission de 1996 / Variograms of the eggs densities(A) and water temperature (0-10 m) (B) and cross-variogram (C) for the first pass of the 1996 survey.



Note: 1 trajet = 65 stations / 1 pass = 65 stations.

Figure 10. Variations de la production quotidienne d'oeufs pour la mission de 1992 lorsque les calculs sont effectués en gardant un nombre fixe de stations (65) et en décalant ces dernières de une à la fois pour simuler un retard dans le début de la mission (10 stations environ par jour) /
Variations in the daily eggs production for the 1992 survey when the calculations are done with a constant number of stations (65) and when there is a lag of one station to simulate a delay in the beginning of the survey (about 10 stations per day).

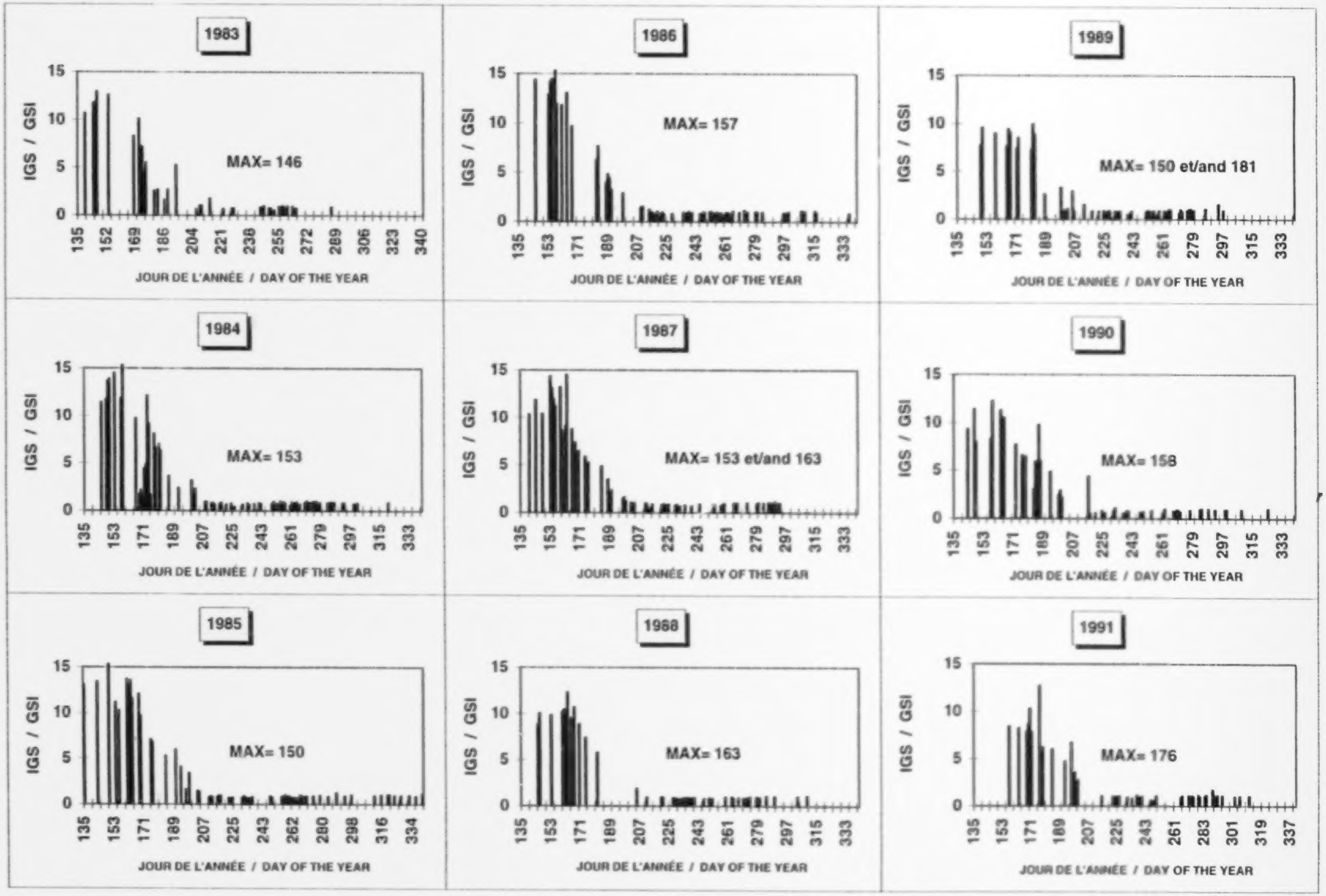


Figure 11. Valeurs moyennes de l'Indice Gonado-Somatique (IGS) calculées par jour pour les 14 dernières années (MAX: Jour où IGS est maximal) / Mean gonado-somatic index (GSI) calculated by day for the last 14 years (MAX= Day when GSI is maximal).

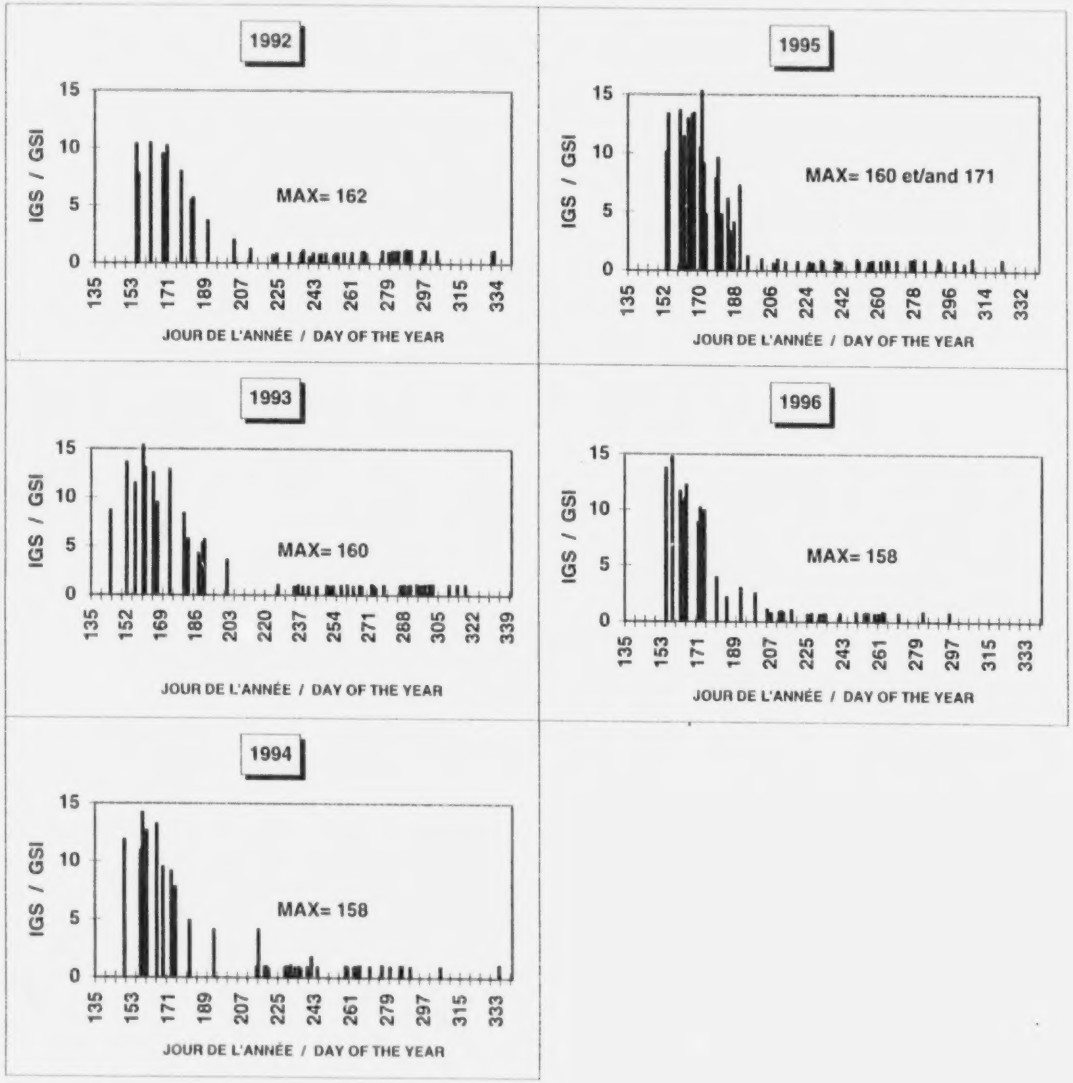


Figure 11. (Suite/Continued).

Annexe 1. Nombres d'oeufs par mètre carré corrigés pour le suréchantillonnage qui se produit à la fin des traits: **Trajet 1**.

Appendix 1. Numbers of eggs by square meter corrected for the oversampling at the end of the tows: **Pass 1**.

STATION*	LONGITUDE	LATITUDE	TEMPÉRATURES MOYENNES / MEAN TEMPERATURES (Celsius) 0-10 m	OEUFS PAR MÈTRE CARRÉ / EGGS PER SQUARE METER
3.1	-61.77	45.83	13.19	23.87
4.1	-62.25	45.83	11.91	2.47
4.2	-62.25	46.17	12.53	11.73
3.2	-61.75	46.17	12.41	12.78
3.3	-61.75	46.5	12.17	110.205
2.1	-61.25	46.5	12.72	23.26
1.1	-60.92	46.83	12.88	49.63
2.2	-61.25	46.83	11.49	37.73
3.4	-61.75	46.83	10.46	37.24
3.5	-61.75	47.17	10.55	97.73
2.3	-61.25	47.17	9.71	61.18
1.2	-60.75	47.17	10.99	102.79
1.3	-60.75	47.5	8.34	0.404
2.4	-61.25	47.5	9.94	88.45
2.5	-61.25	47.83	9.06	0
1.4	-60.75	47.83	7.89	0
1.5	-60.75	48.17	7.35	0
2.6	-61.25	48.17	9.25	0
3.8	-61.75	48.17	9.42	0
3.9	-61.75	48.33	9.43	0
4.9	-62.25	48.33	8.06	0
4.8	-62.25	48.17	9.19	0
4.7	-62.25	47.83		
3.7	-61.75	47.83	10.83	3.55
3.6	-61.83	47.58	11.34	7.38
4.6	-62.25	47.5	10.82	8.72
5.4	-62.75	47.5	11.37	325.05
5.3	-62.75	47.17	11.01	474.43
4.5	-62.25	47.17	10.38	265.15
4.4	-62.25	46.83	10.96	63.98
4.3	-62.25	46.57	13.4	58.38
5.1	-62.75	46.5	14.82	3.89
5.2	-62.75	46.83	12.13	127.5
6.2	-63.25	46.83	12.45	105.56
6.1	-63.25	46.5	14.89	1.56
7.1	-63.75	46.83	13.99	108.32
7.2	-63.75	47.17	13.31	206.85
6.3	-63.25	47.17	13.12	474.74
6.4	-63.25	47.5	11.54	135.91
7.3	-63.75	47.5	11.75	48.63
8.2	-64.25	47.17	13.36	13.09

Annexe 1. (Suite).
Appendix 1. (Continued).

STATION*	LONGITUDE	LATITUDE	TEMPÉRATURES MOYENNES / MEAN TEMPERATURES (Celsius) 0-10 m	OEUFS PAR MÈTRE CARRÉ / EGGS PER SQUARE METER
8.1	-64.37	46.83	12.55	1.99
9.1	-64.67	46.83	13.9	5.8
9.2	-64.75	47.17	14.17	1.2
9.3	-64.67	47.5	12.5	48.23
8.3	-64.25	47.5	13.35	455.15
8.4	-64.25	47.83	11.59	77.04
7.4	-63.75	47.83	11.79	86.41
6.5	-63.25	47.83	11.27	36.3
5.5	-62.75	47.83	11.43	156.39
5.6	-62.75	48.17	11.03	0
5.7	-62.75	48.33	10.7	0
6.7	-63.25	48.5	10.65	0
6.6	-63.25	48.17	10.35	0.57
7.5	-63.75	48.17	11.24	159.47
8.5	-64.25	48.17	10.84	77.03
9.5	-64.75	48.17	9.36	186.47
9.4	-64.75	47.93	8.92	2.46
11.1	-65.75	48	10.53	57.02
12.1	-66.13	48.05	10.43	2.89
10.1	-65.25	47.93	9.72	130.75
8.6	-64.08	48.5	10.1	48.23
7.6	-63.75	48.5	10.41	0
7.7	-63.75	48.83	8.68	0
8.7	-64.08	48.75	10.5	1.06

* Voir la Figure 1 pour la position des stations et les strates correspondantes / See Figure 1 for the position of the stations and the corresponding strata.

Annexe 2. Nombres d'oeufs par mètre carré corrigés pour le suréchantillonnage qui se produit à la fin des traits: **Trajet 2**.

Appendix 2. Numbers of eggs by square meter corrected for the oversampling at the end of the tows: **Pass 2**.

STATION*	LONGITUDE	LATITUDE	TEMPÉRATURES MOYENNES / MEAN TEMPERATURES (Celsius) 0-10 m	OEUFS PAR MÈTRE CARRÉ / EGGS PER SQUARE METER
3.1	-61.77	45.83	11.91	7.52
4.1	-62.25	45.83	12.68	6.67
4.2	-62.25	46.17	13.17	0
3.2	-61.75	46.17	12.54	13.95
3.3	-61.75	46.5	12.88	27.46
2.1	-61.25	46.5	13.17	11.81
1.1	-60.92	46.83	13.14	6.59
2.2	-61.25	46.83	12.57	3.96
3.4	-61.75	46.83	11.41	57.82
3.5	-61.75	47.17	11.13	32.14
2.3	-61.25	47.17	9.89	74.74
1.2	-60.75	47.17	11.48	76.16
1.3	-60.75	47.5		
2.4	-61.25	47.5	9.54	108.14
2.5	-61.25	47.83	8.81	17.53
1.4	-60.75	47.83		
1.5	-60.75	48.17	9.36	0
2.6	-61.25	48.17	9.56	0
3.8	-61.75	48.17	10.81	0.67
3.9	-61.75	48.33	12.35	0.72
4.9	-62.25	48.33	11.92	1.15
4.8	-62.25	48.17	11.6	0.87
4.7	-62.25	47.83	11.09	3.57
3.7	-61.75	47.83	11.22	332.72
3.6	-61.83	47.58	10.49	0
4.6	-62.25	47.5	10.48	295.56
5.4	-62.75	47.5	11.56	540.06
5.3	-62.75	47.17	11.79	260.85
4.5	-62.25	47.17	11.58	243.63
4.4	-62.25	46.83	12.89	49.33
4.3	-62.25	46.57	13.09	27.93
5.1	-62.75	46.5	13.72	13.04
5.2	-62.75	46.83	13	44.84
6.2	-63.25	46.83	13.38	22.53
6.1	-63.25	46.5	14.2	3.22
7.1	-63.75	46.83	14.25	21.8
7.2	-63.75	47.17	12.25	26.34
6.3	-63.25	47.17	13.1	98.73
6.4	-63.25	47.5	11.4	141.17
7.3	-63.75	47.5	12.65	550.39

Annexe 2. (Suite).
Appendix 2. (Continued).

STATION*	LONGITUDE	LATITUDE	TEMPÉRATURES MOYENNES / MEAN TEMPERATURES (Celsius) 0-10 m	OEUFS PAR MÈTRE CARRÉ / EGGS PER SQUARE METER
8.2	-64.25	47.17	12.25	188.75
8.1	-64.37	46.83	11.73	0
9.1	-64.67	46.83	12.25	2.41
9.2	-64.75	47.17	11.64	5.57
9.3	-64.67	47.5	11.81	48.29
8.3	-64.25	47.5	11.31	196.36
8.4	-64.25	47.83	9.57	94.82
7.4	-63.75	47.83	12.16	129.99
6.5	-63.25	47.83	12.57	315.16
5.5	-62.75	47.83	11.3	66.22
5.6	-62.75	48.17	11.96	26.23
5.7	-62.75	48.33	12.27	16.46
6.7	-63.25	48.5	12.28	23.61
6.6	-63.25	48.17	12.28	58.38
7.5	-63.75	48.17	11.97	9.35
8.5	-64.25	48.17	10.44	157.4
9.5	-64.75	48.17	9.88	61.87
9.4	-64.75	47.93	9.32	7.06
11.1	-65.75	48	10.61	97.02
12.1	-66.13	48.05	10.06	0
10.1	-65.25	47.93	10.79	136.6
8.6	-64.08	48.5		
7.6	-63.75	48.5	12.51	0
7.7	-63.75	48.83	12.15	0
8.7	-64.08	48.75	10.71	0

* Voir la Figure 1 pour la position des stations et les strates correspondantes / See Figure 1 for the position of the stations and the corresponding strata.